Fertilización Nitrogenada del Cultivo de Maíz - 2002

Ing. Agr. Martín Torres Duggan Ingeniero Agrónomo.
Técnico Proyecto Fertilizar EEA INTA Pergamino.
mtorresduggan@pergamino.inta.gov.ar

1-Importancia del nitrógeno en la nutrición del maíz

El nitrógeno es uno de los nutrientes esenciales que mas limitan el rendimiento del maíz. Este macronutriente participa en la síntesis de proteínas y por ello es vital para toda la actividad metabólica de la planta. Su deficiencia provoca reducciones severas en el crecimiento del cultivo, básicamente por una menor tasa de crecimiento y expansión foliar que reducen la captación de la radiación fotosinteticamente activa. Las deficiencias de nitrógeno se evidencian por clorosis (amarillamiento) de las hojas mas viejas.

2-Criterio de balance de nitrógeno para determinar las necesidades de fertilización

El maíz requiere alrededor de 20 -25 kg/ha de nitrógeno (N) por cada tonelada de grano producida. Por ello, para producir por ejemplo 10.000 kg/ha de grano, el cultivo debería disponer de alrededor de maíz 200-250 kg. Esta cantidad sería la demanda de nitrógeno para este nivel de rendimiento. La oferta de nitrógeno para cubrir las necesidades nitrogenadas provienen de varios componentes:

1-Nitrógeno de nitratos disponible a la siembra ($N\text{-}NO_3^-$ disponibles de 0-60 cm)

2-Nitrógeno mineralizado de la materia orgánica humificada: la cantidad de nitrógeno mineralizado durante el ciclo del cultivo varía según temperatura, humedad y tipo de suelo. A modo orientativo, se puede considerar alrededor del 2.5% del Nt (nitrógeno total del suelo) determinado en el estrato de 0-30 cm.

3-Nitrógeno del fertilizante: en el caso de que el nitrógeno inicial medido por análisis de suelos a la siembra (nitratos) y el nitrógeno mineralizado desde la materia orgánica humificada sean inferiores al requerido por el cultivo se deberá fertilizar la diferencia para mantener el balance en equilibrio (oferta de nitrógeno=demanda de nitrógeno). **La cantidad de fertilizante inferida a partir de este procedimiento denominado ¨criterio de balance¨ deberá ser ajustado por la eficiencia de fertilización. La magnitud de la misma depende del tipo de fertilizante y del manejo del mismo (fuente, tecnología de aplicación, momento de fertilización, etc.)** El manejo del fertilizante debería contemplar qué perdidas de nitrógeno se pueden presentar y diseñan la estrategia de fertilización que minimice la incidencia global de las mismas. Las pérdidas de nitrógeno que deben ser consideradas para estimar la dosis de fertilizante a agregar se caracterizan brevemente a continuación:

- **Volatilización de amoníaco:** Esta perdida se genera en aplicaciones de urea o fertilizantes que contienen urea en su composición o aplicaciones de fertilizantes amoniacales en suelos con pH elevados. Cuando la urea se hidroliza en el suelo, se incrementa el pH alrededor de los gránulos del fertilizante alcanzando pHs de 8.5 desplazando el equilibrio del amonio hacia el amoníaco, que se pierde como gas. La enzima que cataliza la hidrólisis de la urea en el suelo es la ureasa. La concentración de esta enzima es muy superior en los rastrojos que en suelo. Por ello, la aplicación de urea sobre residuos incrementaría la tasa de pérdida de nitrógeno por esta vía,

siempre que el ambiente sea predisponente. Los otros factores que predisponen la pérdida por volatilización son la temperatura (mayores a 15-18 ºC), dosis de nitrógeno, vientos, pH del suelo, etc. Una vez incorporado el fertilizante (ya sea por un implemento agrícola o por las lluvias y/o riego) la magnitud de la pérdida se reduce significativamente. En aplicaciones de fertilizantes en V6 hay que tener en cuenta las condiciones ambientales mencionadas para decidir la fuente de fertilizante a utilizar y/o la dosis de nutriente a aplicar.

- **Lixiviación de nitratos:** Esta pérdida es el lavado de nitratos por el agua de precolación del suelo por debajo de la zona de aprovechamiento de las raíces. Para que se genere la misma es necesario un flujo vertical de agua en el perfil del suelo saturado provocado por lluvias intensas o el riego. Esta pérdida resulta mas importantes en suelos arenosos por la mayor movilidad vertical de los nitratos. Teniendo en cuenta que estamos frente a un ciclo climático húmedo, los pronósticos meteorológicos de corto plazo a nivel local deberían considerarse en las decisiones de fertilización a campo. Existen varios factores que inciden en forma integral en la magnitud de las pérdidas de nitrógeno por lixiviación de nitratos: tipo de suelo (textura, permeabilidad, etc.), cobertura de residuos o de cultivos ; disponibilidad de nitrtatos en el suelo; intensidad de la lluvia y/o riego; etc. En términos generales, un excedente o balance positivo de agua en el sistema suelo-planta determina una salida neta de nitratos fuera del sistema suelo-planta. La estrategia de manejo del fertilizante debería procurar aplicar el nitrógeno escapando a los eventos de lluvias intensas o en etapas en donde el cultivo comienza a consumir agua y nutrientes en forma mas intensa. En el caso del maíz, a partir de V6-7 comienza una etapa de crecimiento activo y por ende esta etapa fenológica resultaría un buen momento para agregar nitrógeno. En aplicaciones a la siembra o de posemergencia, de presentarse eventos de lluvias intensas (comunes en esta época) podrían reducir el aprovechamiento del nitrógeno fertilizado. En el caso de sistemas bajo riego, la lamina de agua aplicada no debería superar la demanda real de evapotranspiración del cultivo para evitar la migración de los nitratos fuera de la zona de aprovechamiento radical del cultivo.
- **Desnitrificación:** Este proceso es poco relevante en maíz. Se presenta en condiciones de excesos hídricos prolongados en el suelo que generan anaerobiosis que promueven la reducción de los nitratos a óxidos de nitrógeno y en casos extremos a nitrógeno molecular (N_2). Este mecanismo de pérdida se presenta cuando la humedad del suelo se incrementa por encima de 60% de la capacidad de campo.

Uso del Criterio de Balance: Ejemplo práctico

Cobertura: 30% MO: 3% Nt:0.15% Densidad Aparente: 1.2 tn/m^3
Rendimiento esperado: 120 qq/ha (con riego complementario)
Fertilizante: urea Momento de aplicación: 30% a la siembra y 70% en V6 (voleo)

Demanda de nitrógeno: 22 kg de N/tn*12 tn= 264 kg de Nitrógeno

Oferta de nitrógeno:

1-N-NO3- en suelo (0-60 cm): 4**0 kg/ha**
2-N mineralizado: estimación 2.5% del Nt (0-30 cm)=**135 kg de nitrógeno/ha**[1]

Balance de Nitrógeno = Demanda –Oferta =264 kg de N/ha-(40 kg de N/ha+135 kg de N/ha)=-89 kg/ha

La cantidad de nitrógeno que falta para que la demanda de nitrógeno sea igual a la oferta es 89 kg/ha, de las cuales alrededor de 30 kg de N/ha se aplican a la siembra Considerando, a modo de ejemplo, un 10% de pérdidas por lixiviación-desnitrificación, **la dosis de fertilizante agregado serían 70 kg/ha de urea**. Los 60 kg de N/ha restantes se aplican en V6. En este momento las pérdidas por volatilización podrían ser importantes dependiendo del ambiente, sobretodo en aplicaciones al voleo. En este ejemplo tomamos un 15%. La dosis de urea en V6 sería de alrededor de **140 kg/ha. La dosis total aplicada de fertilizante sería: 210 kg/ha**

1-Nota: Peso de suelo (hasta 0.30 m)= profundidad (m)*densidad aparente (tn/m^3)*10000 m^2/ha

Peso de la capa = 0.30m*1.20tn/m3*10000 m2/ha= 3600 tn.
Nitrógeno: 0.15% de 3600 tn =5.4 tn = 5400 kg
Nitrógeno mineralizado = el 2.5 % de 5400 kg = 135 kg de N/ha

3-Otras herramientas de diagnóstico de la fertilización

- Metodología 140-150 kg-X: Numerosos ensayos realizados en la Región Pampeana encontraron que los máximos rendimientos del maíz en condiciones de producción se alcanzan con niveles de nitrógeno de 150-150 kg/ha, considerando tanto al nitrógeno del suelo ($N\text{-}NO_3^-$, 0-60 cm determinados por análisis de suelos) como el aplicado en el fertilizante . La X representa la incógnita de cada sistema y es el nitrógeno de nitratos que tenemos a la siembra en el suelo. La diferencia entre 140-150 y ese nivel de nitrógeno medido en el lote es lo que tenemos que agregar con el fertilizante, contemplando la eventual pérdida de nitrógeno. Este análisis es adecuado para niveles de rindes de 7000-8000 kg/ha. En sistemas de alto nivel tecnológico (con riego por ejemplo) con rendimientos superiores a los mencionados hay que basarse en el criterio de balance para el rendimiento objetivo o calibrar curvas de respuesta a la fertilización nitrogenada para la situación local.
- Nitratos en el suelo (0-30 cm) en V6-7:la disponibilidad de nitrtatos en el suelo (0-30 cm) medidos cuando el cultivo tiene 6-7 hojas completamente expandidas (V6-7) es un buen predictor del rendimiento que los nitratos a la siembra ya que incorpora el nitrógeno residual más el proveniente de la mineralización del humus hasta ese momento. La máxima productividad de maíz se lograría con niveles de $N\text{-}NO_3^-$ entre 18-20 ppm.

4-Análisis de plantas

El análisis de plantas es una herramienta interesante para evaluar o monitorear la nutrición del cultivo. La gran ventaja respecto del análisis de suelos es que integra los factores de clima y manejo que afectan al cultivo. Para ello se pueden determinar nutrientes en diferentes etapas fenológicas y en diferentes órganos de la planta (planta entera; hoja de la espiga en floración, etc.) y es posible comparar la concentración de nitrógeno con rangos de suficiencia de nutrientes internacionales o de calibración local. Otras tecnologías utilizadas son la determinación de nitratos en base de tallos, la utilización de índices de verdor (mediante clorofilómetros), etc. Todas las herramientas de diagnóstico deberían ser utilizadas en forma sistémica o integral para evaluar cuál de ellas se ajusta mejor a las necesidades técnicas, operativas y económicas de cada sistema de producción.

5-Conclusión

El nitrógeno es un nutriente indispensable a considerar en el manejo de nutrición del cultivo de maíz. El análisis del balance de nitrógeno en el sistema suelo-planta es el criterio conceptual a tener una primera aproximación a las necesidades de fertilización nitrogenada del cultivo. De los componentes de este esquema de diagnóstico de la fertilización, el nitrógeno mineralizado y la magnitud de las pérdidas de nitrógeno son los parámetros más variables y mas difíciles de cuantificar. Para ello, es muy importante tener en cuenta la información local proveniente de la experimentación efectuada por universidades, asociaciones e institutos de investigación para basar las decisiones de fertilización en bases técnicas que permitan optimizar el aprovechamiento del nitrógeno agregado.